

УДК 674.81.048.001.4

И.О.Зиединьш, У.Я.Лиелпетерис,  
К.С.Пельня  
(Институт химии древесины АН  
Латвийской ССР)

УЛУЧШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТВЕРДЫХ  
ПЛИТ ИЗ СОСНОВЫХ ОПИЛОК БЕЗ ДОБАВЛЕНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО

Более полное использование реакционной способности компонентов древесины с целью улучшения физико-механических, экономических или других характеристик древесных плит и пластиков является актуальной задачей. Исследования в данном направлении уже продолжительное время ведутся многими учеными и целыми коллективами. Особой целеустремленностью отличаются исследования сотрудников Уральского лесотехнического института при поисках путей и средств активации процессов, происходящих при трансформации древесного прессматериала в пластики [1].

В настоящей статье изложены результаты возможности улучшения свойств плит путем введения в древесные частицы некоторых добавок по разработанному авторами способу [2]. Исследование основывается на предложении, что в древесных частицах во время их горячего прессования в присутствии формальдегида, аммиака и катализатора - хлористого аммония возникают новые химичес-

кие связи и соединения, которые способствуют склеиванию отдельных частиц между собой, упрочняя и стабилизируя структуру получаемых твердых плит.

В качестве исходного материала использовались сосновые опилки (фракция 2/0). Вводимые в опилки вещества и их количества приведены в табл.1. Количества формальдегида и хлористого аммония варьировались на трех уровнях (-1; 0; 1), количества аммиака - на двух уровнях (-1; 1). В опытах реализовался полный несимметрический факторный план (2\*3\*2). Режим прессования плит:

- влажность опилок - 10% ;
- температура прессования - 200°C;
- давление прессования - 5,0 МПа;
- продолжительность прессования - 10 мин .

Определены следующие свойства плит:

- $y_p$  - плотность, кг/м<sup>3</sup>;
- $y_b$  - предел прочности при статическом изгибе, МПа;
- $y_w$  - водопоглощение за 24ч ; %;
- $y_e$  - разбухание по толщине за 24 ч , %.

Матрица планирования экспериментов и средние арифметические результаты установленных свойств плит ( $y$ ) показаны в табл.2. После статистической обработки опытных данных получены следующие уравнения регрессии, адекватно описывающие результаты экспериментов:

$$y_p = 1148 + 8x_1 + 19x_2 - 7x_1^2 + 3x_1x_2 - 10x_1x_3 - 11x_2x_3 - 14x_3^2 ; \quad (1)$$

$$y_b = 22,048 + 3,518x_1 + 6,402x_2 - 0,193x_3 - 1,400x_1^2 + 1,137x_1x_2 - 0,714x_1x_3 - 0,667x_2x_3 +$$

$$+ 0,350x_3^2 ; \quad (2)$$

$$y_w = 36,38 - 3,97x_1 - 1,04x_2 - 7,22x_3 - 1,67x_1^2 - \\ - 1,98x_1x_2 + 1,48x_1x_3 + 6,78x_2x_3 + 3,18x_3^2 ; \quad (3)$$

$$y_{\varepsilon} = 20,24 - 3,01x_1 - 1,26x_2 - 6,92x_3 + 0,54x_1^2 - \\ - 2,32x_1x_2 + 0,81x_1x_3 + 6,08x_2x_3 + 3,69x_3^2 . \quad (4)$$

Таблица 1

Условия проведения экспериментов

Показатели	Натуральное значение факторов			Кодированное значение факторов $x_1, x_2, x_3$
	$x_1$ (количество добавляемого $H_2O$ ), %	$x_2$ (количество добавляемого $NH_3$ ), %	$x_3$ (количество добавляемого $NH_4Cl$ ), %	
Уровень факторов:				
нижний	0	0	0	-1
основной	2	2,5	0,3	0
верхний	4	5	0,6	1
Натуральное значение интервалов варьирования	2	2,5	0,3	-

Дисперсия опыта ( $S_r^2$ ), квадратичное отклонение ( $S_r$ ), средняя дисперсия опыта ( $\bar{S}_r^2$ ), среднее квадратичное отклонение ( $\bar{S}_r$ ) и результаты проверки адекватности моделей ( $F_{0,05} F_{0,01}$ ) по критерию Фишера приведены в табл.3.

Дисперсия коэффициентов  $S^2(b)$  определялись по формулам:

Таблица 2

Матрица планирования, экспериментальные ( $\bar{Y}$ ) и расчетные ( $\hat{Y}$ ) значения свойств плит

Номер режи- ма	Факторы			Значения экспериментальные				параметров расчетные			
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	$\bar{Y}_p$ , кг/м <sup>3</sup>	$\bar{Y}_b$ , МПа	$\bar{Y}_w$ , %	$\bar{Y}_\varepsilon$ , %	$\hat{Y}_p$ , кг/м <sup>3</sup>	$\hat{Y}_b$ , МПа	$\hat{Y}_w$ , %	$\hat{Y}_\varepsilon$ , %
1	-1	-1	-1	1070	11,8	32,3	43,7	1080	11,0	56,4	40,2
2	0	-1	-1	1120	15,4	52,1	36,3	1100	15,5	54,6	38,2
3	1	-1	-1	1100	16,6	49,3	39,4	1110	17,2	49,5	37,2
4	-1	-1	0	1140	12,9	30,5	17,2	1120	11,9	37,7	22,7
5	0	-1	0	1110	14,1	40,3	23,0	1130	15,7	37,4	21,5
6	1	-1	0	1140	17,0	31,7	17,9	1130	16,6	33,8	21,4
7	-1	-1	1	1110	12,5	24,6	12,1	1120	13,4	25,4	12,6
8	0	-1	1	1130	16,4	30,6	17,7	1120	16,5	26,6	12,2
9	1	-1	1	1110	17,8	24,5	11,6	1110	16,7	24,4	12,9
10	-1	1	-1	1130	21,3	42,2	29,8	1140	22,9	44,7	30,2
11	0	1	-1	1170	30,5	36,2	19,8	1160	29,7	39,0	23,5
12	1	1	-1	1190	34,3	31,9	16,3	1180	33,6	29,8	17,9
13	-1	1	0	1150	22,7	43,5	28,3	1150	22,4	39,6	24,8
14	0	1	0	1170	29,0	36,1	20,6	1170	28,5	35,3	19,0
15	1	1	0	1150	30,9	29,5	16,6	1170	31,7	27,7	14,2
16	-1	1	1	1140	23,0	41,7	26,4	1130	22,6	40,9	26,9
17	0	1	1	1130	28,3	35,7	18,8	1140	27,9	38,1	21,8
18	1	1	1	1150	29,7	30,3	17,6	1140	30,5	31,9	17,8

$$\begin{aligned} S^2(\theta_0) &= 0,278 \bar{S}_1^2; \\ S^2(\theta_1) &= S^2(\theta_3) = S^2(\theta_2) = S^2(\theta_{23}) = 0,083 \bar{S}_1^2; \\ S^2(\theta_2) &= 0,056 \bar{S}_1^2; \\ S^2(\theta_{13}) &= 0,125 \bar{S}_1^2; \\ S^2(\theta_{11}) &= S^2(\theta_{33}) = 0,250 \bar{S}_1^2. \end{aligned}$$

Таблица 3

Характеристика опытов и математических моделей

Показатели	$y_p$	$y_6$	$y_w$	$y_e$
$S_1^2$	$4,95 \cdot 10^{-4}$	220,5	36,3	17,7
$S_i$	$2,2 \cdot 10^{-2}$	14,8	6,0	4,2
$\bar{S}_1^2$	$1,65 \cdot 10^{-4}$	73,5	12,1	5,9
$\bar{S}_1$	$1,3 \cdot 10^{-2}$	8,6	3,5	2,4
$\bar{S}_2^2$	$3,18 \cdot 10^{-4}$	133,5	18,7	15,6
F	1,93	1,82	1,55	2,64
F	$0,05(9;36) = 2,16; \quad F_{0,01(9;36)} = 2,96$			

Результаты проверки значимости коэффициентов показаны в табл.4.

Как видно по модели плотности плит [1] и табл.2, больше всего плотность плит зависит от содержания аммиака (коэффициент  $\theta_2$  значим при уровне значимости 1%), существенно изменяется от содержания формальдегида, хлористого аммония, от взаимодействия формальдегида с хлористым аммонием и аммиака с хлористым аммонием ( $\theta_1$ ,  $\theta_{13}$ ,  $\theta_{23}$ ,  $\theta_{33}$  незначимы только при уровне значимости 1%). Под влиянием этих факторов плотность плит изменяется в пределах от 1080 до 1180 кг/м<sup>3</sup>. Воздействие факторов на плотность плит сходно с их влиянием на

предел прочности при статическом изгибе [2].

Добавление формальдегида увеличивает предел прочности плит при статическом изгибе ( $\beta_r$  значим). Это влияние существенно усиливает присутствие аммиака ( $\beta_{r2}$  значим), но уменьшает присутствие хлористого аммония ( $\beta_{r3}$  приближенно значим). Взаимодействие факторов вызывает изменение воздействия добавки формальдегида. Например, введение в опилки 4% формальдегида увеличивает предел прочности при статическом изгибе в зависимости от уровней факторов  $x_2$  и  $x_3$  на 3,3-10,8 МПа. По модели [2] видно, что в зависимости от содержания формальдегида предел прочности при статическом изгибе изменяется нелинейно ( $\beta_{rr} = -14,00$  - приближенно значим). В связи с этим при добавлении формальдегида в интервале от 0 до 2% прочность при статическом изгибе возрастает быстрее, чем в интервале от 2 до 4%. Больше всего предел прочности при статическом изгибе увеличивает введение в опилки аммиака ( $\beta_2/\beta_r = 1,8$ ). Присутствие формальдегида способствует благоприятному воздействию аммиака, а присутствие хлористого аммония - уменьшает ( $\beta_{23}$  приближенно значим). Например, 5% аммиака в присутствии 4% формальдегида без хлористого аммония ( $x_1=1$ ;  $x_3=-1$ ) повышает предел прочности при статическом изгибе на 16,4 МПа; в противоположном случае ( $x_1=-1$ ;  $x_3=1$ ) - только на 9,2 МПа.

Влияние обогащения древесины хлористым аммонием на прочность плит при статическом изгибе зависит только от уровней остальных двух факторов, т.е. от эффектов взаи-

воздействия факторов  $x_1x_3$  и  $x_2x_3$ , так как  $b_3$  и  $b_{33}$  незначимы, а  $b_{13}$  и  $b_{23}$  приближенно значимы. Добавление хлористого аммония без других реагентов сравнительно мало увеличивает предел прочности при статическом изгибе (на 2,4 МПа), а в присутствии 4% формальдегида и 5% аммиака — немного даже уменьшает (на 3,1 МПа).

Из приведенных результатов видно, что введение в сосновые опилки формальдегида и аммиака вызывает рост предела прочности плит при статическом изгибе от 11,0 до 33,6 МПа, т.е. в 3 раза. Сравнивая это влияние с воздействием феноло-формальдегидного связующего на предел прочности при статическом изгибе [3], можно констатировать, что совместное влияние формальдегида и аммиака эквивалентно воздействию добавления в пресс-композицию 6–8% упомянутого связующего.

Процессы водопоглощения и разбухания плит по толщине взаимосвязаны и поэтому их изменения в зависимости от уровней изучаемых факторов сходны.

Добавление формальдегида линейно уменьшает водопоглощение и разбухание плит по толщине за 24ч ( $b_1$  значим,  $b_{11}$  незначим). Этому воздействию способствует только присутствие аммиака ( $b_{12}$  приближенно значим, но  $b_{13}$  незначим). Например, 4% формальдегида в присутствии 5% аммиака уменьшает разбухание по толщине на 12%, но без аммиака формальдегид лишь незначительно снижает разбухание плит.

Введение в опилки аммиака существенно снижает водопоглощение плит (на 17–20%). Добавка хлористого аммония

тоже уменьшает водопоглощение и разбухание плит, так, разбухание плит уменьшается на 17-20%.

Из-за существенного взаимодействия между аммиаком и хлористым аммонием ( $\delta_{\text{э}}$  значим) эти реагенты как будто взаимно нейтрализуют свое влияние на водостойкость плит. Так, положительное воздействие аммиака почти исчезает уже в присутствии 0,3% хлористого аммония, а благоприятное влияние хлористого аммония в присутствии 5% аммиака уменьшается в 9 раз.

Проведенная оценка воздействий факторов на все изучаемые свойства твердых плит показывает, что совместное добавление к сосновым опилкам формальдегида и аммиака значительно улучшает как предел прочности плит при статическом изгибе, так и их водостойкость. Допустима только небольшая прибавка (до 0,3%) хлористого аммония, которая улучшает водостойкость плит и незначительно (на  $\sim 2,0$  МПа) снижает прочность при статическом изгибе. Введение в сосновые опилки формальдегида, аммиака и до 0,3% хлористого аммония уменьшает водопоглощение и разбухание плит за 24ч в 2-3 раза, что эквивалентно влиянию добавки 6-7% синтетического связующего.

## Литература

1. Сб. Древесные плиты и пластики . Свердловск, изд.УЛТИ, 1966, 1969, 1971, 1972, 1973. (Тр.УЛТИ вып.19, 20, 24, 26, 30).

2. Калниньш А.Я., Юкна А.Д., Зиединьш И.О. и др.

Способ получения древесных пластиков. Авт.свид.№ 319494 с приоритетом



от 29 июня 1970г. - "Изобретения, промышленные образцы, товарные знаки", 1971, № 33.

З. Зиединьш И.О., Лиелпетерис У.Я. Применение статистических моделей для изучения влияния количества добавляемого связующего и режимов прессования на физико-механические свойства твердых плит из сосновых опилок. - В кн. Получение, свойства и применение модифицированной древесины . Рига, "Зинатне", 1973.